

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-208204

(43) 公開日 平成10年(1998)8月7日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号
321

F I
G 1 1 B 5/09

3 2 1 A

審査請求・主請求・請求項の数13 Q1 (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平9-14102
(22)出願日 平成9年(1997)1月28日

(71) 出願人 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 和泉 直治
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

(72) 発明者 片山 浩誠
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

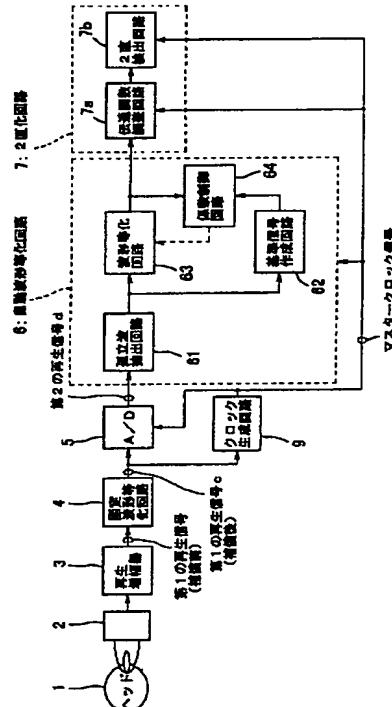
(74) 代理人 弁理士 藤本 博光

(54) 【発明の名称】 波形等化器及びこれを備えたディジタル記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 各種記録媒体から再生された再生信号の伝達経路の特性が経時に変化しても適切に波形等化を行うことができる波形等化器及びこれを備えたディジタル記録再生装置を提供すること。

【解決手段】 波形等化器は、再生信号を等化係数に基づき波形等化する等化手段と（63）、再生信号から孤立波を抽出して該孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段（62）と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された再生信号の孤立波との等化誤差を演算し、該等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段（64）とを備え、基準信号を再生信号に基づいて生成し、この基準信号を用いて、再生信号に応じて等化係数を定める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体から再生された再生信号を波形等化する波形等化器であって、前記再生信号を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記再生信号から孤立波を抽出して該孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された再生信号の孤立波との等化誤差を演算し、該等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えたことを特徴とする波形等化器。

【請求項2】 記録媒体から再生された再生信号を波形等化する波形等化器であって、前記再生信号から孤立波を抽出する孤立波抽出手段と、前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記再生信号または前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波の何れかをスタートパルスに基づき選択する選択手段と、前記選択手段により選択された再生信号または孤立波を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された孤立波との等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えたことを特徴とする波形等化器。

【請求項3】 記録媒体に記録したディジタル信号を検出して再生信号として出力する信号検出手段と、前記再生信号を波形等化する波形等化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、前記波形等化器は、前記再生信号を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記再生信号から孤立波を抽出して該孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された再生信号の孤立波との等化誤差を演算し、該等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置。

【請求項4】 記録媒体に記録したディジタル信号を検出して再生信号として出力する信号検出手段と、前記再生信号の位相及び振幅特性を補償する補償手段と、前記補償手段により補償された再生信号に基づき全体の動作の時間基準となるマスタークロック信号を生成するクロック信号生成手段と、前記補償手段により補償された再生信号を波形等化する波形等化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、前記波形等化器は、前記再生信号から孤立波を抽出する孤立波抽出手段と、

前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記再生信号または前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波の何れかをスタートパルスに基づき選択する選択手段と、前記選択手段により選択された再生信号または孤立波を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された孤立波との等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置。

【請求項5】 記録媒体に記録したディジタル信号を検出して第1の再生信号として出力する信号検出手段と、前記第1の再生信号の波形を量子化して第2の再生信号に波形変換する変換手段と、前記第2の再生信号を波形等化する波形等化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、前記波形等化器は、前記第2の再生信号を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記第2の再生信号から孤立波を抽出して該孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された第2の再生信号の孤立波との等化誤差を演算し、該等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置。

【請求項6】 記録媒体に記録したディジタル信号を検出して第1の再生信号として出力する信号検出手段と、前記第1の再生信号の位相及び振幅特性を補償する補償手段と、前記補償手段により補償された第1の再生信号の波形を量子化して第2の再生信号に波形変換する変換手段と、前記補償手段により補償された第1の再生信号に基づき全体の動作の時間基準となるマスタークロック信号を生成するクロック信号生成手段と、前記第2の再生信号を波形等化する波形等化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、

前記波形等化器は、前記第2の再生信号から孤立波を抽出する孤立波抽出手段と、前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記変換手段により波形変換して得られた第2の再生信号または前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波の何れかをスタートパルスに基づき選択する選択手段と、前記選択手段により選択された第2の再生信号または孤立波を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された孤立

波との等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置。

【請求項7】 変換手段は、位相の異なる複数の標本化信号を用いて再生信号を標本化して複数のディジタル信号に波形変換し、基準信号生成手段は、前記複数のディジタル信号のそれぞれから孤立波を抽出して、該孤立波のうちピークレベルが最大のものから基準信号を生成することを特徴とする請求項5に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置。

【請求項8】 変換手段は、位相の異なる複数の標本化信号を用いて再生信号を標本化して複数のディジタル信号に波形変換し、孤立波抽出手段は、前記複数のディジタル信号のそれぞれから孤立波を抽出し、基準信号生成手段は、前記孤立波抽出手段により抽出された前記孤立波のうちピークレベルが最大のものから基準信号を生成することを特徴とする請求項6に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置。

【請求項9】 等化係数制御手段は、等化誤差を最小とするように等化係数を制御することを特徴とする請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器。

【請求項10】 等化係数制御手段は、等化手段の等化係数を制御するに際し、所定の範囲内で該等化係数を段階的に変化させて複数の等化誤差を求め、該複数の等化誤差のうち最小のものを与えた等化係数を前記等化手段の等化係数とすることを特徴とする請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器。

【請求項11】 等化係数の初期値として、等化誤差が最小とはなり得ない値を定め、該初期値を含む所定の範囲内で前記等化係数を段階的に変化させて複数の等化誤差を求め、該複数の等化誤差のうち最小のものを与えた等化係数を前記等化手段の等化係数とすることを特徴とする請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器。

【請求項12】 等化係数制御手段は、等化手段の等化係数を制御するに際し、該等化係数を初期値から段階的に変化させ、該等化係数の段階的な変化による等化誤差の変化分に基づき、該等化誤差を最小とする等化係数を探索して、前記等化手段の等化係数を制御することを特徴とする請求項1または2の何れかに記載の波形等化器。

【請求項13】 孤立波抽出手段は、再生信号から抽出した複数の孤立波を一時的に記憶するための複数のレジスタを有し、該複数のレジスタに記憶された孤立波のレベルの平均値を、前記再生信号から抽出した孤立波のレベルとして出力することを特徴とする請求項2に記載の波形等化器。

【請求項14】 孤立波抽出手段は、再生信号から抽出した複数の孤立波を一時的に記憶するための複数のレジスタを有し、該複数のレジスタに記憶された孤立波のう

ちピークレベルが最大のものを、前記再生信号から抽出した孤立波として出力することを特徴とする請求項2に記載の波形等化器。

【請求項15】 孤立波抽出手段は、ピークレベルが所定値以上の孤立波を抽出してレジスタに記憶することを特徴とする請求項13または14の何れか1項に記載の波形等化器。

【請求項16】 等化手段は、ディジタルトランスペーラルフィルタを用いて構成されたことを特徴とする請求項5、6、7、8の何れか1項に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置。

【請求項17】 等化係数制御手段は、演算して得られる等化誤差の初期値として、該等化誤差を格納するレジスタが取り得る最大値を設定することを特徴とする請求項5、6、7、8の何れか1項に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気テープやディスク等の記録媒体から再生した信号を波形等化する波形等化器及びこれを備えたディジタル記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、高密度で高画質な記録再生を行うデジタルVTR(Video Tape Recoder)などのデジタル記録再生装置は、業務放送の分野では既に実用化の段階にあり、また家庭用のものでは第1世代のものが市販化の段階に至っている。一般に、このようなデジタル記録再生装置では、その信号伝送路上での符号間干渉などに起因して信号に波形歪が生じる。このため、波形等化器を備えて、これにより記録媒体から読み取った信号が伝送路で受けた歪みを除去して復号処理を行っている。

【0003】 以下、磁気テープを記録媒体としたデジタル記録再生装置を例として、図7から図10を参照しながら従来技術について説明する。図7に示す従来のデジタル記録再生装置は、磁気テープ(図示なし)に記録されたデジタル信号を検出するヘッド1と、該ヘッド1により検出して得られる再生信号を伝達するロータリートランス2と、該ロータリートランス2により伝達された再生信号を增幅する再生増幅器3と、増幅された再生信号を波形等化する固定波形等化回路4と、マスタークロック信号を生成するPLL(Phase Locked Loop)

からなるクロック生成回路9と、波形等化された再生信号を2値化してデジタル信号を検出する検出回路11と、検出されたデジタル信号を復調する復調回路12と、復調されたデジタル信号の誤りを訂正する誤り訂正回路13とを備えて構成されている。

【0004】 このような構成を有する従来のデジタル記録再生装置では、磁気テープに記録された信号はヘッ

ド1により再生信号としてピックアップされ、ロータリートランス2を介して再生増幅器3に入力される。この再生増幅器3は再生信号を増幅して固定波形等化回路4に出力する。ここで、固定波形等化回路4は、位相補償回路41及び振幅補償回路42からなり、これら位相補償回路41及び振幅補償回路42が位相特性及び振幅特性をそれぞれ補償して、符号間干渉により歪んだ波形を波形等化し、振幅及び位相の歪を除去して信号の品質を改善する。

【0005】このように波形等化された再生信号は検出回路11とクロック生成回路9とに出力される。クロック生成回路9は、入力した再生信号から再生系全体の動作の同期を図るためのマスタークロック信号を発生させる。検出回路11は、このマスタークロック信号に基づき再生信号を2値化してデジタル信号を検出する。ここで、再生信号を2値化する際の標本化周期を「ビット周期」と定義する。このように検出されたデジタル信号は、復調回路12により、記録媒体に記録する際になされる変調前のデジタル信号に復調される。誤り訂正回路13は、復調されたデジタル信号の誤りを訂正して出力する。

【0006】次に、上述の検出回路11での検出方式について説明する。記録媒体にデジタル信号を記録する際の変調方式としてNRZI変調が一般に用いられており、このNRZI変調方式により記録された信号を検出する方式として、パーシャルレスポンス検出方式がある。その中でも、E.R.Kretzmerによりクラス4として分類されたPR(1, 0, -1)検出方式は、図8に周波数応答特性を示すように、検出点でのスペクトルのピークが中域にあり、しかも低域側及び高域側でのスペクトルが低下することからS/N比に優れると共に、検出点で直流成分を含まないことから検出誤りが発生しにくいという利点を有する。

【0007】図9のPR(1, 0, -1)検出方式の信号の流れ及び動作波形図10を参照して、さらにPR(1, 0, -1)検出方式について説明する。図9において、入力信号a1(図10最上段)は、伝達関数が $1/(1-D^2)$ {D:遅延演算子}で表される記録系を構成するプリデコード回路PDによってプリデコードされて記録信号b1(図10)として記録媒体に記録される。この記録信号b1は、再生時に磁気記録再生系Aで微分されて再生信号c1(図10)となる。

【0008】この磁気記録再生系Aは図7に示すヘッド1～再生増幅器3に相当し、近似的に $1-D$ の伝達関数を有する。再生デコーダBは再生信号c1を1ビット周期Tだけ遅延させた遅延信号d1(図8)を再生信号c1に加算して加算信号e1(図8)を生成する。この再生デコーダBは図7の検出回路11の一部として挿入されており、 $1+D$ の伝達関数を有し、その出力は検出点とみなされる。

【0009】この再生系(磁気記録再生系A～再生デコーダB)の伝達関数は、 $(1-D) \times (1+D) = 1 - D^2$ と表され、伝達関数 $(1-D^2)^{-1}$ を有する記録系のプリデコード回路PDを合わせた記録再生系(プリデコード回路PD～再生デコーダB)の伝達関数は、 $(1-D^2)^{-1} \times (1-D^2) = 1$ となって、入力信号a1は加算信号e1(図10)として検出点に現れる。

【0010】次に、図9に示す符号検出回路C(図7に示す検出回路11に相当)は、加算信号e1をプラス側の閾値VH及びマイナス側の閾値VLと比較することにより2値化する。即ち、加算信号e1が閾値VH以上または閾値VL以下の数値領域に属する場合には、加算信号e1を論理値「1」として検出し、閾値VLとVHとの間の数値領域に属する場合には論理値「0」として検出して、コンパレータ出力信号f1(図10)を生成する。

【0011】ここで、再び図7に説明を戻す。検出回路11は、上述のPR(1, 0, -1)検出方式によりコンパレータ出力信号f1を得ると、クロック生成回路9から入力するマスタークロック信号g1(図10)を用いてラッチすることにより、デジタル信号h1(図10最下段)を生成する。このようにして得られたデジタル信号h1は、入力信号a1(図10最上段)を再生したものとなる。なお、PR(1, 0, -1)検出方式の詳細については、積分検出等の他の検出方式も含めて、「磁気記録入門」(横山克哉著、総合電子出版、1988年初版)に詳しく説明されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来のデジタル記録再生装置が備える波形等化器によれば、装置の初期特性に合わせて等化特性が固定されているので、再生信号の位相及び振幅歪み量が最小となるように等化特性を最適値に設定しても、その後、磁気テープやヘッドの変更、或いはヘッドの摩耗による特性の経時変化等により、等化特性の最適値自体が移動すると、適切に波形等化することができなくなり、誤り率が悪化する。

【0013】即ち、PR(1, 0, -1)検出方式は、前述のように、直流成分を含まないため、直流成分を伝達しないロータリートランスでの波形歪を生じない等の利点を有するが、ひとつの閾値に対する大小関係を比較して2値化を行う積分検出等と比べると、ふたつの閾値VH及びVLとの関係から2値化を行うため、閾値に対するノイズマージンが少なくなる。

【0014】このため、波形等化器の等化特性を固定した場合、ヘッドなどの再生系の特性が経時に変化すると、図10に示す加算信号eの歪み量も増加するので、ノイズマージンに劣るPR(1, 0, -1)検出方式においては、2値化を誤る危険が著しく増大するという問題がある。

【0015】本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、磁気テープやヘッドなどの再生信号の伝

達経路の特性が経時的に変化しても適切に波形等化を行うことができる波形等化器及びこれを備えたディジタル記録再生装置を提供することを課題とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記課題を解決するため、以下の構成を有する。即ち、請求項1に記載の発明に係る波形等化器は、記録媒体から再生された再生信号を波形等化する波形等化器であって、前記再生信号を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記再生信号から孤立波を抽出して該孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された再生信号の孤立波との等化誤差を演算し、該等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えたことを特徴とする波形等化器の構成を有する。

【0017】また、請求項2に記載の発明に係る波形等化器は、記録媒体から再生された再生信号を波形等化する波形等化器であって、前記再生信号から孤立波を抽出する孤立波抽出手段と、前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記再生信号または前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波の何れかをスタートパルスに基づき選択する選択手段と、前記選択手段により選択された再生信号または孤立波を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された孤立波との等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えたことを特徴とする波形等化器の構成を有する。

【0018】また、請求項3に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、記録媒体からディジタル信号を検出して再生信号として出力する信号検出手段と、前記再生信号を波形等化する波形等化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、前記波形等化器は、前記再生信号を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記再生信号から孤立波を抽出して該孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された再生信号の孤立波との等化誤差を演算し、該等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

【0019】また、請求項4に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、記録媒体に記録したディジタル信号を検出して再生信号として出力する信号検出手段と、前記再生信号の位相及び振幅特性を補償する補償手段と、前記補償手段により補償された再生信号に基づき全体の動作の時間基準となるマスタークロック信号を生成するクロック信号生成手段と、前記波形等化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、前記波形等化器は、前記第2の再生信号から孤立波を抽出する孤立波抽出手段と、前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記変換手段により波形変換して得られた第2の再生信号または前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波の何れかをスタートパルスに基づき選択する選択手段と、前記選択手段により選択された第2の再生信号または孤立波を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された孤立波との等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、前記波形等化器は、前記再生信号から孤立波を抽出する孤立波抽出手段と、前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記再生信号または前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波の何れかをスタートパルスに基づき選択する選択手段と、前記選択手段により選択された再生信号または孤立波を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された孤立波との等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

【0020】また、請求項5に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、記録媒体に記録したディジタル信号を検出して第1の再生信号として出力する信号検出手段と、前記第1の再生信号の波形を量子化して第2の再生信号に波形変換する変換手段と、前記第2の再生信号を波形等化する波形等化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、前記波形等化器は、前記第2の再生信号を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記第2の再生信号から孤立波を抽出して該孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された第2の再生信号の孤立波との等化誤差を演算し、該等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

【0021】また、請求項6に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、記録媒体に記録したディジタル信号を検出して第1の再生信号として出力する信号検出手段と、前記第1の再生信号の位相及び振幅特性を補償する補償手段と、前記補償手段により補償された第1の再生信号の波形を量子化して第2の再生信号に波形変換する変換手段と、前記補償手段により補償された第1の再生信号に基づき全体の動作の時間基準となるマスタークロック信号を生成するクロック信号生成手段と、前記第2の再生信号を波形等化する波形等化器と、前記波形等化器の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化手段とを備え、前記波形等化器は、前記第2の再生信号から孤立波を抽出する孤立波抽出手段と、前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波に基づき基準信号を生成する基準信号生成手段と、前記変換手段により波形変換して得られた第2の再生信号または前記孤立波抽出手段により抽出された孤立波の何れかをスタートパルスに基づき選択する選択手段と、前記選択手段により選択された第2の再生信号または孤立波を等化係数に基づき波形等化する等化手段と、前記基準信号と前記等化手段により波形等化された孤立波との等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

等化誤差に基づき前記等化係数を制御する等化係数制御手段とを備えて構成されたことを特徴とする波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

【0022】また、請求項7に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、変換手段が、位相の異なる複数の標本化信号を用いて第1の再生信号を標本化して複数の第2の再生信号に波形変換し、基準信号生成手段は、前記複数の第2の再生信号のそれぞれから孤立波を抽出して、該孤立波のうちピークレベルが最大のものから基準信号を生成することを特徴とする請求項5に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

【0023】また、請求項8に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、変換手段が、位相の異なる複数の標本化信号を用いて第1の再生信号を標本化して複数の第2の再生信号に波形変換し、孤立波抽出手段は、前記複数の第2の再生信号のそれぞれから孤立波を抽出し、基準信号生成手段は、前記孤立波抽出手段により抽出された前記孤立波のうちピークレベルが最大のものから基準信号を生成することを特徴とする請求項6に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

【0024】また、請求項9に記載の発明に係る波形等化器は、等化係数制御手段が、等化誤差を最小とするよう等化係数を制御することを特徴とする請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器の構成を有する。

【0025】また、請求項10に記載の発明に係る波形等化器は、等化係数制御手段が、等化手段の等化係数を制御するに際し、所定の範囲内で該等化係数を段階的に変化させて複数の等化誤差を求め、該複数の等化誤差のうち最小のものを与えた等化係数を前記等化手段の等化係数とすることを特徴とする請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器の構成を有する。

【0026】また、請求項11に記載の発明に係る波形等化器は、等化係数の初期値として、等化誤差が最小とはなり得ない値を定め、該初期値を含む所定の範囲内で前記等化係数を段階的に変化させて複数の等化誤差を求め、該複数の等化誤差のうち最小のものを与えた等化係数を前記等化手段の等化係数とすることを特徴とする請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器の構成を有する。

【0027】また、請求項12に記載の発明に係る波形等化器は、等化係数制御手段が、等化手段の等化係数を制御するに際し、該等化係数を初期値から段階的に変化させ、該等化係数の段階的な変化による等化誤差の変化分に基づき、該等化誤差を最小とする等化係数を探索して、前記等化手段の等化係数を制御することを特徴とする請求項1または2の何れかに記載の波形等化器の構成を有する。

【0028】また、請求項13に記載の発明に係る波形

等化器は、孤立波抽出手段が、再生信号から抽出した複数の孤立波を一時的に記憶するための複数のレジスタを有し、該複数のレジスタに記憶された孤立波のレベルの平均値を、前記再生信号から抽出した孤立波のレベルとして出力することを特徴とする請求項2に記載の波形等化器の構成を有する。

【0029】また、請求項14に記載の発明に係る波形等化器は、孤立波抽出手段が、再生信号から抽出した複数の孤立波を一時的に記憶するための複数のレジスタを有し、該複数のレジスタに記憶された孤立波のうちピークレベルが最大のものを、前記再生信号から抽出した孤立波として出力することを特徴とする請求項2に記載の波形等化器の構成を有する。

【0030】また、請求項15に記載の発明に係る波形等化器は、孤立波抽出手段が、ピークレベルが所定値以上の孤立波を抽出してレジスタに記憶することを特徴とする請求項13または14の何れか1項に記載の波形等化器の構成を有する。

【0031】また、請求項16に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、等化手段が、デジタルトランスパーサルフィルタを用いて構成されたことを特徴とする請求項5、6、7、8の何れか1項に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

【0032】また、請求項17に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、等化係数制御手段が、演算して得られる等化誤差の初期値として、該等化誤差を格納するレジスタが取り得る最大値を設定することを特徴とする請求項5、6、7、8の何れか1項に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の構成を有する。

【0033】上記構成された本発明に係る波形等化器及びこれを備えたディジタル記録再生装置は、以下のように作用する。即ち、請求項1に記載の発明に係る波形等化器によれば、等化手段は、入力した再生信号を等化係数に基づいて定まる等化特性で波形等化する。このとき、等化係数は以下のように制御されて設定される。即ち、先ず、基準信号生成手段は再生信号から孤立波を抽出して基準信号を生成する。この基準信号の基となる孤立波は、波形間干渉による波形歪みのない第2の再生信号の信号領域であり、基準信号は、孤立波を理想的に

(最適に)波形等化したならば得られるであろう仮定的な波形信号である。一方、等化係数制御手段は、等化手段が再生信号から抽出された孤立波を波形等化して得られる波形信号と基準信号とを比較して等化誤差を演算し、この等化誤差が最小となるように等化手段の等化係数を制御する。この結果、再生信号の孤立波に対して等化誤差が最小となる等化誤差が設定されて等化手段の等化特性が定められる。

【0034】また、請求項2に記載の発明に係る波形等

化器によれば、等化手段は、入力した再生信号を等化係数に基づいて波形等化する。このとき、等化係数は以下のように制御される。即ち、先ず、孤立波抽出手段が再生信号から孤立波を抽出して、基準信号生成手段がこの孤立波から基準信号を生成する。次に、選択手段は、記録媒体を装置にロードしたときに所定時間出力されるスタートパルスに基づいて、再生信号または抽出された孤立波のうち後者を選択して等化手段に与える。等化手段は選択手段により選択された孤立波を波形等化する。一方、等化係数制御手段は、等化手段が再生信号から抽出された孤立波を波形等化して得られる波形信号と基準信号とを比較して等化誤差を演算し、この等化誤差が最小となるように等化手段の等化係数を制御する。この結果、再生信号の孤立波に対して等化誤差が最小となる等化誤差が設定されて等化手段の等化特性が定められる。

【0035】また、請求項3に記載の発明に係る波形等化器を備えたデジタル記録再生装置によれば、信号検出手段が記録媒体に記録したデジタル信号を検出して再生信号として波形等化器に与えると、この波形等化器は、請求項1に記載の波形等化器と同様に作用して、再生信号を波形等化して2値化手段に与える。2値化手段は波形等化器の出力を2値化してデジタル信号を検出して再生する。

【0036】また、請求項4に記載の発明に係る波形等化器を備えたデジタル記録再生装置によれば、信号検出手段が記録媒体に記録したデジタル信号を検出して再生信号として補償手段に出力すると、補償手段が再生信号の位相及び振幅特性を補償する。ここで、この補償手段による補償量は固定されたものとなっている。クロック信号生成手段は前記補償手段により補償された再生信号に基づき全体の動作の時間基準となるマスタークロック信号を生成して、後段側の等化手段や2値化手段に与え、これらの動作の同期を図る。波形等化器は、請求項2に記載の波形等化器と同様に作用して、前記補償手段により補償された再生信号を波形等化して2値化手段に与える。2値化手段は前記波形等化器の出力を2値化して前記デジタル信号を検出して再生する。

【0037】また、請求項5に記載の発明に係る波形等化器を備えたデジタル記録再生装置によれば、信号検出手段が記録媒体に記録したデジタル信号を検出して第1の再生信号として変換手段に与えると、変換手段は第1の再生信号の波形を量子化して第2の再生信号に波形変換する。波形等化器は、請求項1に記載の波形等化器と同様に作用して、第2の再生信号を波形等化する。2値化手段は、波形等化器の出力を2値化して前記デジタル信号を検出して再生する。

【0038】また、請求項6に記載の発明に係る波形等化器を備えたデジタル記録再生装置によれば、信号検出手段が記録媒体に記録したデジタル信号を検出して第1の再生信号として出力する。補償手段は前記第1の

再生信号の位相及び振幅特性を補償して変換手段に与えると、変換手段はこれを量子化して第2の再生信号に波形変換する。一方、クロック信号生成手段は前記補償手段により補償された第1の再生信号に基づき全体の動作の時間基準となるマスタークロック信号を生成して、変換手段、等化手段、2値化手段などに与え、これらの動作の同期を図る。波形等化器は、請求項2に記載の波形等化器と同様に作用して、前記補償手段により補償された第2の再生信号を波形等化して2値化手段に与える。

10 2値化手段は前記波形等化器の出力を2値化して前記デジタル信号を検出して再生する。

【0039】また、請求項7に記載の発明に係る波形等化器を備えたデジタル記録再生装置によれば、請求項5に記載の波形等化器を備えたデジタル記録再生装置において、変換手段が、位相の異なる複数の標本化信号を用いて第1の再生信号を時間をずらして標本化することにより、複数の第2の再生信号に波形変換する。そして、基準信号生成手段が、前記複数の第2の再生信号のそれぞれから孤立波を抽出して、該孤立波のうちピークレベルが最大のものから基準信号を生成する。

【0040】また、請求項8に記載の発明に係る波形等化器を備えたデジタル記録再生装置によれば、請求項6に記載の波形等化器を備えたデジタル記録再生装置において、変換手段が、位相の異なる複数の標本化信号を用いて第1の再生信号を時間をずらして標本化することにより、複数の第2の再生信号に波形変換し、孤立波抽出手段が、前記複数の第2の再生信号のそれぞれから孤立波を抽出する。そして、基準信号生成手段が、前記孤立波抽出手段により抽出された前記孤立波のうちピークレベルが最大のものから基準信号を生成する。

【0041】また、請求項9に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器において、等化係数制御手段が、等化誤差を最小とするように等化係数を制御する。

【0042】また、請求項10に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器において、等化係数制御手段が、等化手段の等化係数を制御するに際し、所定の範囲内で該等化係数を段階的に変化させて複数の等化誤差を求め、該複数の等化誤差のうち最小のものを与えた等化係数を前記等化手段の等化係数として設定する。

【0043】また、請求項11に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項1または2の何れか1項に記載の波形等化器において、等化係数の初期値として、等化誤差が最小とはなり得ない値を定め、該初期値を含む所定の範囲内で前記等化係数を段階的に変化させて複数の等化誤差を求め、該複数の等化誤差のうち最小のものを与えた等化係数を前記等化手段の等化係数とする。

【0044】また、請求項12に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項1または2の何れかに記載の波

形等化器において、等化係数制御手段が、等化手段の等化係数を制御するに際し、該等化係数を初期値から段階的に変化させ、該等化係数の段階的な変化による等化誤差の変化分に基づき、該等化誤差を最小とする等化係数を探索して、前記等化手段の等化係数を制御する。

【0045】また、請求項13に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項2に記載の波形等化器において、孤立波抽出手段が、再生信号から抽出した複数の孤立波を一時的に記憶するための複数のレジスタを有し、該複数のレジスタに記憶された孤立波のピークレベルの平均値を、前記再生信号から抽出した孤立波のピークレベルとして出力する。

【0046】また、請求項14に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項2に記載の波形等化器において、孤立波抽出手段が、再生信号から抽出した複数の孤立波を一時的に記憶するための複数のレジスタを有し、該複数のレジスタに記憶された孤立波のうちピークレベルが最大のものを、前記再生信号から抽出した孤立波として出力する。

【0047】また、請求項15に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項13または14の何れか1項に記載の波形等化器において、孤立波抽出手段が、ピークレベルが所定値以上の孤立波を抽出してレジスタに記憶する。

【0048】また、請求項16に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置によれば、請求項5、6、7、8の何れか1項に記載の波形等化器において、等化手段を構成するディジタルトランസサルフィルタが、等化係数をタップ係数として第2の再生信号を波形等化する。

【0049】また、請求項17に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置によれば、請求項5、6、7、8の何れか1項に記載の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置において、等化係数制御手段が、等化手段に対し、演算して得られる等化誤差の初期値として、該等化誤差を格納するレジスタが取り得る最大値を設定する。従って、等化誤差の初期値は、レジスタに設定し得る最大値となる。

【0050】

【発明の実施の形態】以下、図1～図6を参照しながら、本発明の実施形態に係る波形等化器及びこれを備えたディジタル記録再生装置について説明する。なお、各図において、同一要素或いは相当する要素には同一符号を付してその説明を省略する。

【0051】図1に示すように、本実施形態に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置は、前述の図7に示す従来装置と共に構成要素として、記録媒体に記録したディジタル信号を検出して第1の再生信号（補償前）を出力するヘッド1～再生増幅器3（信号検出手段）と、前記第1の再生信号の位相及び振幅を補償する

固定波形等化回路4（補償手段）とを前段側に備える。また、この後段側には、本実施形態の装置に特有な構成要素として、前記固定波形等化回路4により補償された第1の再生信号の波形を標本化して第2の再生信号に波形変換するA/D変換器（変換手段）と、前記固定波形等化回路4により補償された第1の再生信号に基づき装置全体の動作の時間基準となって同期を図るためのマスタークロック信号を生成するクロック生成回路9（クロック信号生成手段）と、前記第2の再生信号を波形等化する自動波形等化回路6（波形等化器）と、前記自動波形等化回路6の出力を2値化して前記ディジタル信号を検出する2値化回路7（2値化手段）とを備えて構成される。

【0052】また、上述の自動波形等化回路6は、図2にその詳細な構成を示すように、図1に示すA/D変換回路5から入力する第2の再生信号の孤立波を抽出する孤立波抽出回路61（孤立波抽出手段）と、前記孤立波抽出回路61により抽出された孤立波に基づき基準信号Sを生成する基準信号作成回路62（基準信号生成手段）と、前記A/D変換回路5から入力する第2の再生信号または前記孤立波抽出回路61により抽出された孤立波の何れかをスタートパルスに基づき選択するスイッチSW1（選択手段）と、前記スイッチSW1により選択された第2の再生信号または孤立波を等化係数に基づき波形等化するトランസサルディジタルフィルタ等からなる波形等化回路63と、前記基準信号Sと前記波形等化回路63により波形等化された孤立波との等化誤差に基づき前記等化係数を制御する係数制御回路64（等化係数制御手段）とを備えて構成される。

【0053】ここで、孤立波抽出回路61は、前段側のA/D変換回路5から入力する第2の再生信号を一時的に記憶する波形記憶用レジスタ611と、第2の再生信号のピークを検出するピーク検出回路612と、検出されたピークの中から後述する孤立波の条件を満足するものの時間位置を検出する孤立波条件検出回路613と、孤立波条件検出回路613の検出結果に基づき波形記憶用レジスタ611から該当する第2の再生信号の信号領域を孤立波として入力して記憶する孤立波記憶用レジスタ614とから構成される。

【0054】また、波形等化回路63は、スイッチSW1から入力する信号に対してビット周期Tの時間遅延を与えて順次遅延せながらタップを介して後段側に伝達する複数の遅延部と、各タップに現れた信号に対して等化係数（タップ係数）K1N, K2N, K3N, K4N（ただし、センタータップの係数を1として、このタップの係数の記載を省略する）をそれぞれ掛け合わせて重み付け演算する複数の乗算器及び加算器とを備えて構成され、入力した信号を等化係数K1N～K4Nに基づいて波形等化する。

【0055】さらに、係数制御回路64は、波形等化回

路63の出力を一時的に記憶する出力レジスタ641と、出力レジスタ641の内容と基準信号作成回路62が outputする基準信号Sとを比較して等化誤差を演算する比較器642と、この等化誤差及び等化係数を格納する等化誤差係数記憶用レジスタ643とから構成される。

【0056】ここで、再び説明を図1に戻す。上述のように構成された自動波形等化回路6の後段には2値化回路7が接続される。この2値化回路7は、系全体の伝達関数を“1”に調整するための伝達関数調整回路7aと、PR(1, 0, -1)検出方式により2値化検出してデジタル信号を再生する2値検出回路7bとから構成される。

【0057】以下、上述のように構成された本実施形態の波形等化器(図2)及びこれを備えたデジタル記録再生装置(図1)の動作について、図3に示す波形図を参照しながら、図4及び図5に示すフローチャートに沿って説明する。いま、記録媒体(図示なし)には、図3(最上段)に示すようなデジタル信号aが記録信号bで記録されているものとする。この場合、記録信号bは、図1に示すヘッド1～再生増幅器3により検出して増幅される。この後さらに、固定波形等化回路4により位相及び振幅特性を補償して第1の再生信号cに波形変換し、図1に示すクロック生成回路9の動作の安定を図る。

【0058】クロック生成回路9は、補償された第1の再生信号cからマスタークロック信号(波形の図示なし)を生成する。これを入力するA/D変換器5、自動波形等化回路6、伝達関数調整回路7a及び2値検出回路7bは、マスタークロック信号が定めるビット周期Tを時間基準として同期動作する。

【0059】次に、A/D変換器5は、図3に示すように、固定波形等化回路4により補償されたアナログ量の第1の再生信号cをビット周期Tを標本化周期として例えば8ビットデータD0, D1, …に標本化して、第2の再生信号dを生成する。即ち、第2の再生信号dは、第1の再生信号cの標本化点でのレベルを256階調のデジタルデータに変換して表現したものである。

【0060】次に、図1及び図2に示す自動波形等化回路6の動作について、図4及び図5に示すフローチャートに沿って詳細に説明する。先ず、図4に示すフローチャートに沿って、図1に示す自動波形等化回路6を構成する図2に示す孤立波抽出回路61の動作について説明する。例えば磁気テープを装置にロードした場合、図2に示す自動波形等化回路6は、この磁気テープのロードの完了を報知するローディングパルス等を装置側からスタートパルスとして入力して(ステップS1)、波形等化の等化係数を制御するための一連の動作を開始する。

【0061】先ず、テープのロードが完了して再生動作が開始すると、図2に示すスイッチSW1は孤立波抽出回路61の出力を選択して後段の波形等化回路63に出

力する(ステップS2)。この孤立波抽出回路61は、以下のようにして、第2の再生信号から孤立波として抽出する。ここで、孤立波とは、波形間干渉による波形歪みのない信号領域として定義される。

【0062】即ち、孤立波抽出回路61の入力段を構成する波形記憶用レジスタ611は、第2の再生信号の連続した所定のビット周期分のデータD0, D1, D2, …を順次シフトして一時的に格納すると共に(ステップS3)、ピーク検出回路612が内蔵するレジスタRA, RB, RCのそれぞれに対して、連続した3ビット周期分のデータDn, Dn+1, Dn+2を順次シフトして取り込む(ステップS4)。

【0063】ピーク検出回路612は、各レジスタRA, RB, RCに格納されたデータを比較して(ステップS5A, S5B)、時系列的に中心に位置するレジスタRBに格納されたデータが他のレジスタRA, RCに格納されたデータの何れよりも大きい場合(ステップS5A; YES)、正方向のピークを検出したことを示すパルス信号Pp(図3)を出力し(ステップS6A)、何れよりも小さい場合に負方向のピークを検出したことを示すパルス信号Pn(図3)を出力する(ステップS6B)。ピークが検出されない場合には(ステップS5A; NO、且つステップS5B; NO)、ステップS3に戻って、次のデータ列について同様の検出を行う。

【0064】次に、孤立波条件検出回路613は、波形記憶用レジスタ611が第2の再生信号を入力するビット周期Tに同期してアップカウントするカウンタを備え、このカウンタによりピーク検出回路612が出力するパルス信号の時間間隔を計測して孤立波の条件が満足されているかを検出する。ここで、孤立波の条件とは、前述のように、波形間干渉のない信号を孤立波としたことから、逆に、その前後に波形間干渉を誘導するような信号が存在しない信号と定義し直すことができ、本実施形態では、図3に示すように、その前後のパルス信号との時間間隔が6ビット周期以上離れている場合に孤立波とみなす。

【0065】そこで、孤立波条件検出回路613は、例えば、図3に示す負のピークに対してパルス信号Pn(N)が検出されると、この負のピークの時間位置を表すカウント値をそのレジスタC1(図示なし)に取り込む(ステップS7)。次に、このパルス信号Pn(N)に対して6ビット周期以上の時間間隔を隔ててパルス信号Pp(N)が検出された場合(ステップS8; YES)、このパルス信号Pp(N)に対応する正のピークの時間位置を表すカウント値をそのレジスタC2(図示なし)に取り込み(ステップS9)、後ろのピークPn(N+1)までの時間間隔を計測する。

【0066】ここで、後ろのピークPn(N+1)までの時間間隔も6ビット周期以上であれば(ステップS10; YES)、孤立波条件検出回路613はレジスタC2に格

納されたカウント値に対応する第2の再生信号の信号領域を孤立波とみなし、孤立波記憶用レジスタ614に報知する（ステップS11）。このように、ピーク検出回路612が outputするパルス信号の時間間隔を繰り返し計測して孤立波として満足すべき条件が満足された第2の再生信号の信号領域を特定して報知する。

【0067】孤立波記憶用レジスタ614は、図3（最下段の波形）に示すように、孤立波条件検出回路613からの報知を受けて、そのレジスタC2に格納されたカウント値に対応するデータ d_m 、及びこれを中心とした前後2ビット分のデータ $d_1 \sim d_4$ を波形記憶用レジスタ611から受け取り（ステップS12）、これを孤立波のデータとして記憶する。以上により、第2の再生信号から孤立波が抽出される。

【0068】次に、図5に示すフローチャートに沿って、図2に示す基準信号作成回路62、波形等化回路63及び係数制御回路64の動作について説明する。上述のようにして孤立波が抽出されると、次に、基準信号作成回路62は、抽出された孤立波を用いて基準信号Sを生成する。この基準信号Sは、孤立波を理想的に（最適に）波形等化したならば得られるであろう仮定的な波形信号であり、実験的に決定される。

【0069】即ち、後述するように、この基準信号Sは波形等化回路63の等化特性（等化係数）を定め、この等化特性として、再生された信号のエラーレートを最も小さくするものが理想的である。そこで、基準信号Sの波形は、等化特性が基準信号の波形に対する依存性を有することを考慮して、孤立波を波形等化した場合のエラーレートが最も小さくなるように、即ち孤立波を理想的に波形等化するように実験的に定められる（ただし、そのピーク値については、後述するように、抽出された孤立波のピーク値 d_m を用いる）。

【0070】このように、基準信号Sは実験的に定められるものであるが、本実施形態では、以下のように基準信号を定める。即ち、基準信号作成回路62はピーク値を孤立波記憶用レジスタ614に格納された孤立波のデータのピーク値 d_m （図3最下段）とし（ステップS100）、またその前後のビット周期での値を“ $d_m/2$ ”とし、さらに1ビット周期を隔てた前後のビット周期の値を“0”として、基準信号Sを生成する。即ち、このように定められた基準信号Sは、抽出された孤立波の特性がそのピーク値として反映されたものとなる。

【0071】次に、図2に示す波形等化回路63は、後述する係数制御回路64が定める等化係数 $K_{1N} \sim K_{4N}$ を用いて孤立波抽出回路61により抽出された孤立波を波形等化する。この波形等化回路63は、例えばデジタルトランスパーサルフィルタなどを用いて構成される。

【0072】次に、係数制御回路64は、等化誤差が最小となるように等化係数 $K_{1N} \sim K_{4N}$ （N；正の整

数）を制御する。即ち、係数制御回路64は、等化係数の初期値として $K_{11} \sim K_{41}$ を設定して（ステップS101）、波形等化回路63の等化係数を初期設定する。次に、等化誤差係数記憶用レジスタ643が内蔵する最小等化誤差記憶用レジスタDの初期値を、このレジスタが取り得る最大値に設定する（ステップS102）。

【0073】波形等化回路63は、この等化係数の初期値 $K_{11} \sim K_{41}$ を用いて孤立波に対して波形等化を行って信号 W_1 を出力する。係数制御回路64は、この出力 W_1 を出力レジスタ641に格納する。次に、比較器642は、出力レジスタ641に格納された信号 W_1 のピークの位相と基準信号Sのピークの位相とを合わせて（ステップS103）、信号 W_1 と基準信号との差分を演算して等化誤差 E_{R1} を計算する（ステップS104）。この等化誤差 E_{R1} は、等化誤差係数記憶用レジスタ643の等化誤差記憶用レジスタEに格納し、このときの等化係数を係数記憶用レジスタFに対応づけて格納する（ステップS105）。

【0074】ここで、等化誤差係数記憶用レジスタ643の等化誤差記憶用レジスタEの値が最小等化誤差記憶用レジスタDの値よりも小さい場合（ステップS106；YES）、最小等化誤差記憶用レジスタDの内容を等化誤差記憶用レジスタEの内容に入れ替え、これと同時に、係数記憶用レジスタFの内容を最小係数記憶用レジスタGに書き込む（ステップS107）。即ち、最小等化誤差記憶用レジスタD及び最小係数記憶用レジスタGの内容は、その時点での最小の等化誤差と、この等化誤差を与える等化係数に書き換えられる。

【0075】次に、係数制御回路64は、等化係数 $K_{1N} \sim K_{4N}$ を所定範囲で段階的に変えて係数記憶用レジスタFに順次書き込み、所定範囲の全域にわたって同様に等化誤差 E_{RN} を繰り返し演算する（ステップS108；NO～S103～S107～S108；YES）。この結果、最小等化誤差記憶用レジスタD及び最小係数記憶用レジスタGには、最小の等化誤差と、この等化誤差を与える等化係数 $K_{1min} \sim K_{4min}$ が残る。

【0076】次に、係数制御回路64は、最小係数記憶用レジスタGに最終的に残った等化係数 $K_{1min} \sim K_{4min}$ を波形等化回路の等化係数として固定する（ステップS109）。このように固定された等化係数は、次のスタートパルスが入力されるまで保持される（ステップS110）。次に、図2に示すスイッチSW1を通常側に切り替えて（ステップS111）、波形等化回路63は等化係数の一連の制御動作を終了し、このようにして定めた等化係数を用いて通常の信号としての第2の再生信号を波形等化する。

【0077】ここで、上述のように、等化係数を所定範囲で段階的に変えて設定し、各等化係数に対する全ての等化誤差を求めた後に、最小の等化誤差を定めるオープ

ンループ制御を採用すると、ノイズやドロップアウト等により最小の等化誤差を特定する前に動作が終了することなく、安定的に小さな等化誤差を与える等化係数を定めることができる。

【0078】これに対して、出力値の増減に応じて等化係数の変化の方向を定めるフィードバック制御によれば、ノイズ等により、本来最小ではない等化誤差を最小とみなして、この等化誤差を与える等化係数が設定される場合があり、必ずしも最適な等化係数とはならない場合がある。

【0079】ここで、再び図1に説明を戻す。記録媒体に記録する前の信号が伝達関数の影響を残さずに再生されるためには、記録系から再生系に至る全体の伝達関数を“1”とする必要がある。しかし、仮に、記録系の伝達関数を $(1+D^2)^{-1}$ とし、図1に示す再生系を構成する回転磁気ヘッド1～自動波形等化器6の伝達関数を $1-D$ とした場合、自動波形等化器6の出力までの伝達関数は、 $(1+D^2)^{-1} \times (1-D)$ となり、“1”とはならない。そこで、この場合、自動波形等化回路6の後段に伝達関数 $1+D$ を有する伝達関数調整回路7aを接続して、系全体の伝達関数を“1”にする。この後、図1に示す2値検出回路7bは、前述の図7に示す検出回路と同様に動作してデジタル信号を検出する。

【0080】上述した本実施形態では、係数制御回路64が波形等化回路63の等化係数を制御するにあたって、等化係数 $K_{1N} \sim K_{4N}$ を初期値から所定範囲で段階的に変化させるものとしたが、この方法によれば、所定範囲内の全域にわたって段階的に等化係数を変えるので、各等化係数に対する等化誤差の演算回数が増える。

【0081】そこで、以下の方法により、等化誤差の演算回数を減らすことができる。先ず、第1の方法として、予め孤立波に近似した標準波形を入力した場合の等化係数 $K_{1s} \sim K_{4s}$ を求めておき、この等化係数を初期値として設定する。この場合、入力する孤立波が標準的な波形と著しく相違しないものであれば、等化誤差を最小とする等化係数は、等化係数 K_s に近似したものとなる。従って、等化係数は、初期値を中心とする一定の限られた範囲で変化させれば足り、これにより、等化誤差の演算回数を減らして、処理時間を短縮することができる。

【0082】第2の方法として、上述の第1の方法において、初期値から等化係数を動かす場合、等化誤差の変化分が或る範囲を超えたときに初期値に戻って、逆方向に等化係数を変化させて等化誤差を演算する。上述の第1の方法によれば、等化係数の変化の範囲を定めて、等化誤差を求めたが、本方法によれば、さらに等化誤差の変化の範囲を定めるので、一層演算回数を減らして処理時間を短縮することができる。

【0083】次に、上述の本実施形態では、孤立波の条

件を満足すれば、一律に孤立波とみなし、これに基づき生成した基準信号を用いて等化係数の制御動作を行うものとしたが、再生信号の波形は、ヘッドとテープとの距離の変動やノイズ等により、孤立波の波形が変動する場合がある。この場合、孤立波の波形は、結果的に符号間干渉を受けたものと同質となり、孤立波の定義を満足するものとならず、このような孤立波から求めた等化係数は、波形歪を適切に等化するものとはならない。そこで、以下の方法により、このようなノイズ等に起因した信号波形を孤立波から除外することができる。

【0084】先ず、第1の方法として、図3に示す孤立波記憶用レジスタ614を複数設け、一定量の再生信号の中から孤立波の条件を満足する信号を複数の孤立波記憶用レジスタ614にそれぞれ格納する。そして、それらの平均をとって孤立波記憶用レジスタ614の出力とする。また、基準信号作成回路62は、平均をとて得られた信号を入力して基準信号を生成する。この方法によれば、一部の孤立波の波形が変動しても、平均される結果、変動量が希釈される。

【0085】また、第2の方法として、一定量の再生信号の中から孤立波の条件を満足する信号を複数の孤立波記憶用レジスタ614にそれぞれ格納する。そして、それらの中からピークレベルが最大のものを孤立波として孤立波記憶用レジスタ614の出力とする。即ち、一般に、ヘッドとテープとの距離の変動が有る場合、ピークレベルが小さくなる。従って、この方法によれば、ピークレベルが低下したその記録再生系本来の孤立波と違った孤立波を除外することができる。

【0086】さらに、第3の方法として、ピークレベルが所定値（例えば、A/D変換器5の出力値の50パーセントの信号レベル）以上の信号を孤立波とみなして孤立波記憶用レジスタ614に孤立波を取り込む。この方法によれば、著しく波形のピークレベルが低下したものを排除することができると共に、本来信号が存在しない領域に生じたノイズなどの偶発的な信号を排除することができる。

【0087】次に、A/D変換器5が第1の再生信号を標本化する際に、標本化クロック（システムクロック信号）の位相によってはピークをはずす場合がある。この場合、孤立波のピークが本来の値とは異なったものとなり、上述のように等化係数の制御に悪影響を及ぼす。

【0088】そこで、A/D変換器5と並列にさらに1基のA/D変換器を設け、各A/D変換器において位相が逆の標本化クロックを用いて第1の再生信号を並列的に標本化する。この場合、A/D変換器50または51の一方は他方に対して標本化クロックの半周期だけずらせて標本化する。第1の再生信号は、2基のA/D変換器50及び51のうち孤立波のピークが大きい方を採用する結果、標本化にあたって、第1再生信号のピークを大きくはずすことがなくなり、第1の再生信号の孤立波

のピークが第2の再生信号により忠実に反映される。これにより、孤立波の抽出精度が向上し、自動波形等化回路6の動作をより安定化することができる。

【0089】次に、図3に示すピーク検出回路612が、ノイズなどの影響により、本来信号のない部分でピークを検出して誤動作する場合がある。そこで、以下の方法により、この誤動作を回避することができる。即ち、第1の方法として、2値化検出回路8において、ビタビ復号を行う場合、バスの状態が変化する位置をピークとみなし、これ以外の位置ではピークとみなさないようにする。

【0090】また、第2の方法として、図1に示すPLL9が第1の再生信号からマスタークロック信号を生成する過程において、第1の再生信号のピークを検出するために、例えば第1の再生信号を微分してピーク周辺をマスクするウインドウ信号を作成している場合、このウインドウ信号のウインドウ以外の部分（マスクされる部分）をピークとみなさないようにする。このような方法を用いることにより、ノイズ等の影響をうけた信号を排除して孤立波のピークを正しく検出することができる。

【0091】ところで、上述した本実施形態では、図1に示すように、クロック生成回路9を固定波形等化回路4の後段に設けて、装置の全体の動作を同期させるためのマスタークロック信号を第1の再生信号から生成するものとして構成したが、図2に示すように、このマスタークロック信号を生成するクロック生成回路10を自動波形等化回路6の後段に備えて構成してもよい。ただし、このクロック生成回路10は、自動波形等化回路6の出力がデジタル量であるから、このデジタル量の信号のピーク位置に同期したマスタークロック信号を生成するものとして構成される。

【0092】このようにマスタークロック信号の生成回路を自動波形等化回路6の後段に移して構成した場合、図1に示す固定波形等化器4は、PLL9の動作の安定を図るためのものであるから、固定波形等化器4を省略することができ、回路規模を縮小することができる。なお、自動波形等化回路6の出力をローパスフィルタを通して、クロック生成回路10として、図1に示すクロック生成回路9のようなアナログタイプのものを使用することができる。

【0093】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、以下のような効果を得ることができる。即ち、請求項1、2に記載の発明に係る波形等化器によれば、再生信号に応じて等化係数を制御するように構成したので、入力する再生信号に応じて適切な等化係数を用いて波形等化することができる。

【0094】また、請求項3、4に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置によれば、入力する信号に応じて適切に波形等化する波形等化器を備

えて構成したので、例えば磁気ヘッド等の再生系の特性が経時に変化しても、この特性の変化に合わせて適切に波形等化して再生することができる。

【0095】また、請求項5～8、16、17に記載の発明に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置によれば、AD変換した後に波形等化するように構成したので、波形等化器をディジタル回路化することができ、高精度で且つ信頼度が高い波形等化回路を実現できる。

10 【0096】また、請求項9に記載の発明に係る波形等化器によれば、再生信号に応じて等化誤差を最小とするように等化係数を制御するように構成したので、入力する再生信号に応じて最適な等化係数を定めることができる。

【0097】また、請求項10に記載の発明に係る波形等化器によれば、等化誤差を段階的に変えてオープンループ制御により等化誤差を求めるように構成したので、ノイズ等の影響を受けることなく、最適な等化係数を定めることができる。

20 【0098】また、請求項11に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項1または2に記載の波形等化器において、等化係数の初期値として等化誤差が最小とはなり得ない値を定めるように構成したので、等化誤差を最小とする等化係数を正しく求めることができる。

【0099】また、請求項12に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項1または2に記載の波形等化器において、等化誤差の変化分に基づいて等化係数の変化の方向を定めるように構成したので、等化誤差の演算回数を少なくすることができ、演算時間を短縮することができる。

30 【0100】また、請求項13に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項1または2に記載の波形等化器において、複数の孤立波を平均したもの用いて等化係数の制御を行うように構成したので、ノイズ等の影響を排除して適切に等化係数を定めることができる。

【0101】また、請求項14に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項1または2に記載の波形等化器において、ピークレベルが最大のものを孤立波として抽出するように構成したので、ノイズ等の影響を排除して適切に等化係数を定めることができる。

40 【0102】また、請求項15に記載の発明に係る波形等化器によれば、請求項13または14に記載の波形等化器において、ピークレベルが所定値以上のものを孤立波として抽出するように構成したので、ノイズ等の影響を排除して適切に等化係数を定めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置のブロック図である。

【図2】本発明の実施形態に係る波形等化器のブロック図である。

【図3】本発明の実施形態に係る波形等化器及びこれを備えたディジタル記録再生装置の動作を説明するための波形図である。

【図4】本発明の実施形態に係る波形等化器における孤立波抽出フローを説明するためのフローチャートである。

【図5】本発明の実施形態に係る波形等化器における等化係数制御フローを説明するためのフローチャートである。

【図6】本発明の実施形態に係る波形等化器を備えたディジタル記録再生装置の他の構成例を示すブロック図である。

【図7】従来の波形等化器を備えたディジタル記録再生装置のブロック図である。

【図8】パーシャルレスポンス検出方式の周波数応答特性図である。

【図9】パーシャルレスポンス検出方式を説明するための説明図である。

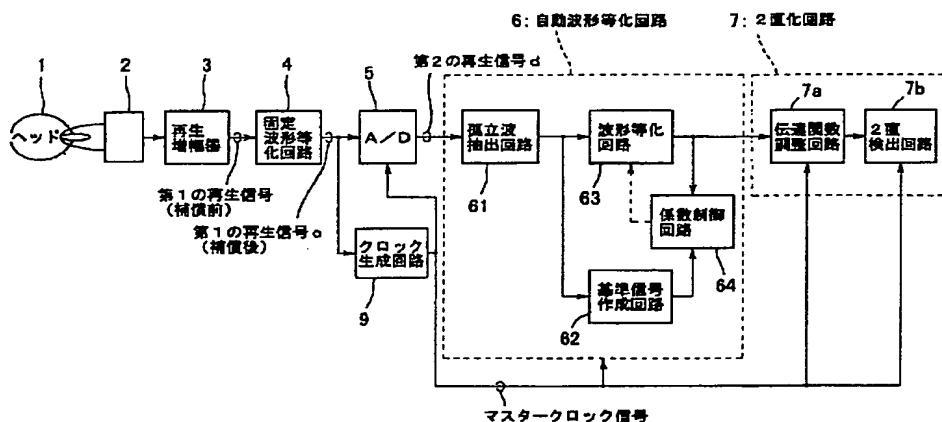
【図10】従来の波形等化器を備えたディジタル記録再

生装置の動作を説明するための説明図である。

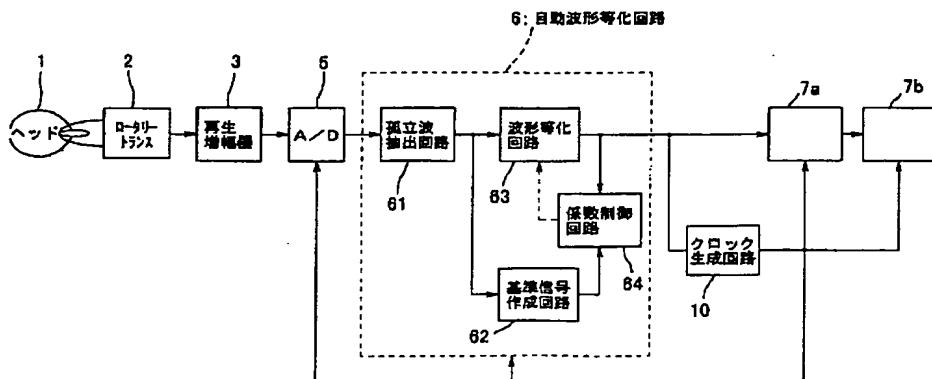
【符号の説明】

1 ヘッド	2 ロータリートラス
3 再生増幅器	4 固定波形等化回路
5 A/D変換器	6 自動波形等化回路
6 2値化回路	7 2値化回路
10 6.1 孤立波抽出回路	6.2 基準信号作成回路
6.3 波形等化回路	6.4 係数制御回路
6.1.1 波形記憶用レジスタ	6.1.2 ピーク検出回路
6.1.3 孤立波条件検出回路	6.1.4 孤立波記憶用レジスタ
6.4.1 出力レジスタ	SW1 スイッチ

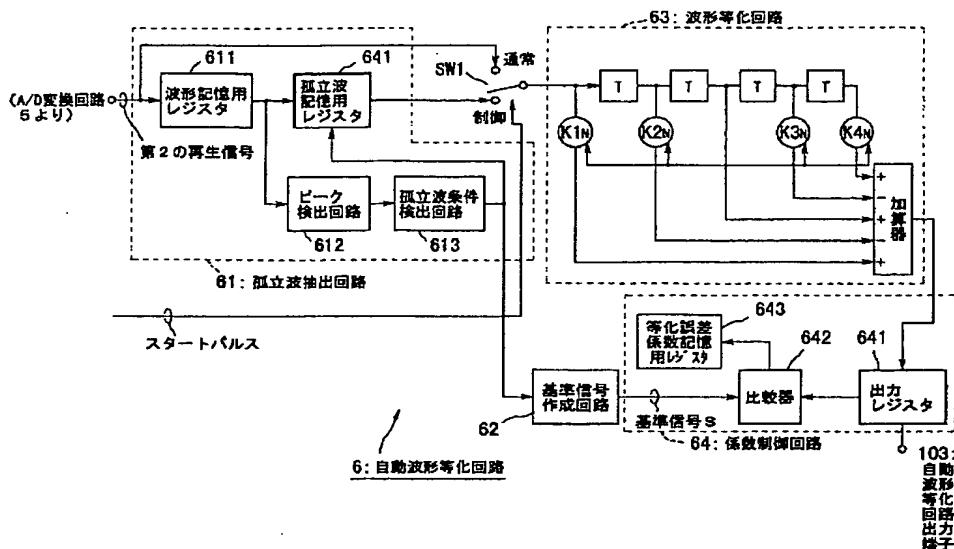
【図1】



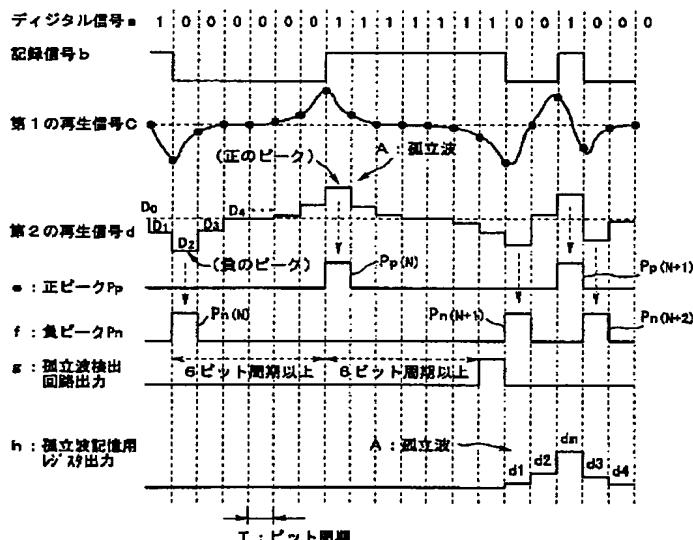
【図6】



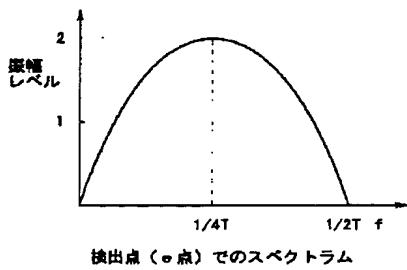
【図2】



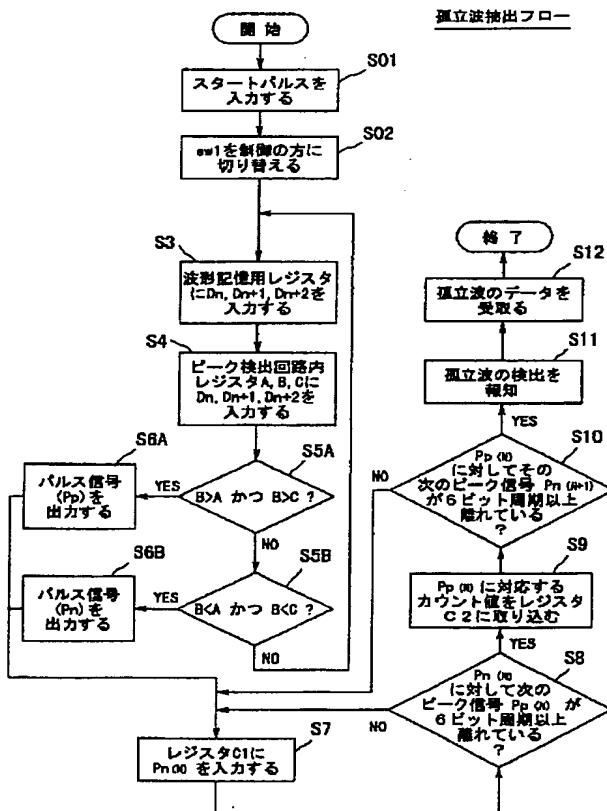
【図3】



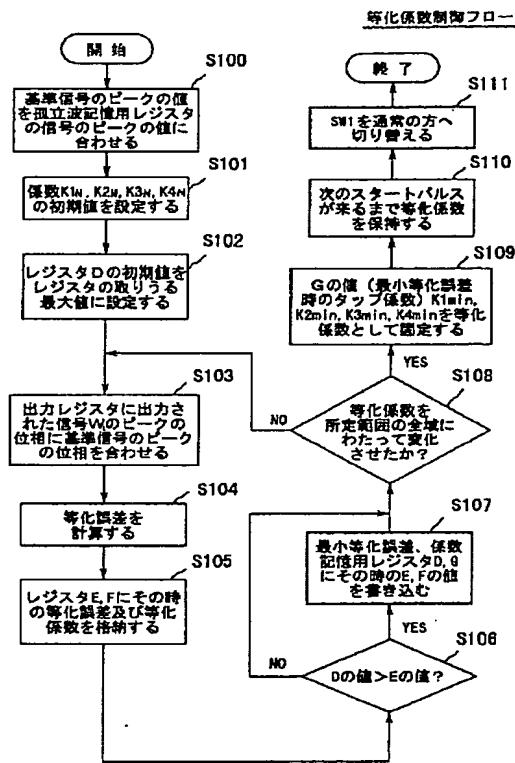
[図 8]



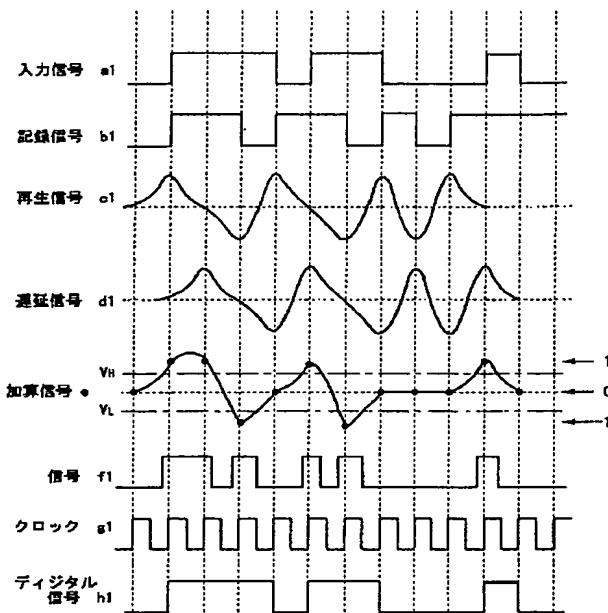
[図4]



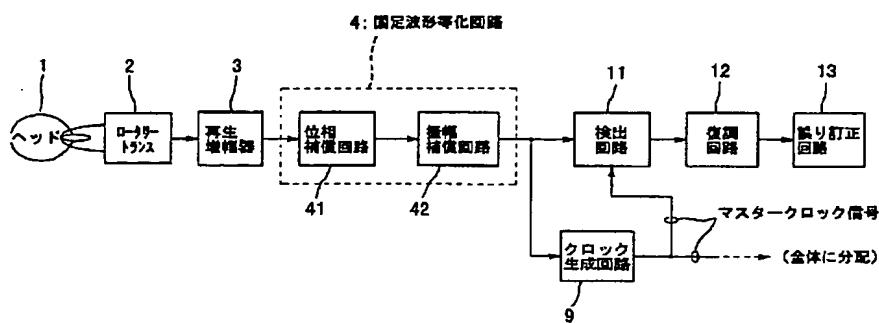
【図5】



【図10】



【図7】



【図9】

